

La Fuente Agria de Puertollano y su entorno hidrogeológico

Ignacio Menéndez Pidal¹, Eugenio Sanz Pérez², Alejandro Lomoschitz Mora-Figueroa³ y Andrés Sanz de Ojeda⁴

Resumen La célebre Fuente Agria de Puertollano (Ciudad Real) forma parte del conjunto de manantiales ferruginosos y con alto contenido en CO₂ que se hayan asociados a la extensa área volcánica del Campo de Calatrava, representando la fase póstuma del volcanismo terciario y cuaternario que afectó a esta zona. Se trata de una surgencia a presión que procede de la descarga bajo los depósitos miocenos del acuífero de cuarcitas de la Sierra de Santa Ana. Se establece así mismo la caracterización hidrogeológica del entorno regional del manantial en base a sondeos realizados exprofeso, y que incluye el subsuelo de una parte de la ciudad de Puertollano y de la Sierra que lo bordea por el norte. Se propone un modelo hidrogeológico para la explicación de este tipo de fuentes de borde de las sierras, el cual supone la captación del flujo profundo del CO₂ mediante fallas en la periferia de las masas impermeables por parte de las aguas que circulan por los niveles cuarcíticos paleozoicos más permeables. Finalmente, se historian algunas de las afecciones que ha sufrido dicho manantial a lo largo de los siglos, y que culmina con el establecimiento de un perímetro de protección a alteraciones desde arriba de origen urbano, aunque se llama la atención de otros posibles impactos por parte de túneles profundos.

Introducción y objetivos

¹ Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno. Escuela de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid, C/ Prof. Aranguren s/n. 28040 Madrid, Spain, impidal@caminos.upm.es

² Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno. Escuela de Caminos. Universidad Politécnica de Madrid, C/ Prof. Aranguren s/n. 28040 Madrid, Spain, esanz@caminos.upm.es

³ Departamento de Ingeniería Civil. Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, alomoschitz@dic.ulpgc.es

⁴ Escuela Tec. Sup. de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. Calle de José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid, andressanzojeda@gmail.com

Distribuidas por toda la región volcánica del Campo de Calatrava y sus inmediaciones aparecen una veintena de manantiales y pozos llamados popularmente hervideros, en cuyas aguas de carácter ferruginoso se desprenden burbujas de gas carbónico, relacionado con el flujo profundo de CO₂ de origen volcánico residual (Yélamos et al., 1999). De todas estas peculiares manifestaciones hídricas, algunas semitermales y utilizadas como balnearios durante los siglos IXX y XX (MOPU, 1982), la más famosa y conocida es La Fuente Agria de Puertollano (Ciudad Real), situada dentro del casco histórico de esta ciudad (Figura 1). Este manantial fue objeto de estudio en el siglo XVII por parte del doctor Alfonso Limón, natural de Puertollano ("Espejo Cristalino de las Aguas de España", 1674-79), en donde se destacaban sus propiedades terapéuticas. Por influjo de este libro se creó en 1817 el cuerpo de Médicos Directores de aguas minerales y Balnearios de España.

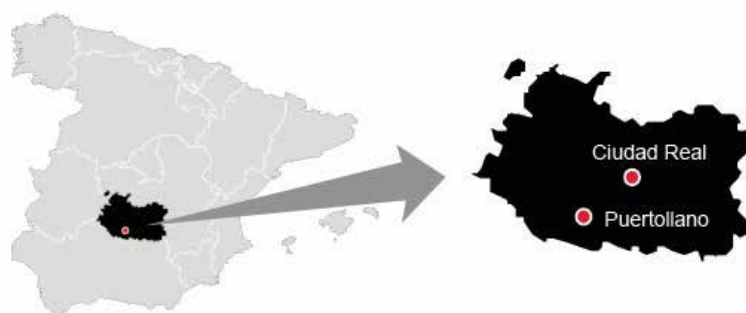


Figura 1. Mapa de Situación

El presente trabajo intenta avanzar en el conocimiento de la hidrogeología de Puertollano (figura 1) y en particular de la mencionada Fuente Agria. Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- Contribución al conocimiento de la hidrogeología del subsuelo del casco urbano de Puertollano (Ciudad Real) y de la Sierra de Santa Ana, aneja a esta gran población, con la caracterización hidroestratigráfica de los distintos materiales representados, piezometría y funcionamiento hidrogeológico.
- Avance en el conocimiento del modelo conceptual hidrogeológico del de la Fuente Agria, la cual se asocia al acuífero principal de cuarcitas ordovícicas, y en el que se incluye la geología de detalle del sitio del brote, la distribución del CO₂ en el acuífero, y su captación por parte de una fractura importante.

- Estudio preliminar sobre la conservación de este manantial y discusión sobre las posibles afecciones que pudiera comprometer su existencia.

Metodología

Se parte del conocimiento previo de antiguas publicaciones sobre este famoso manantial, y se analizan los resultados de varios documentos realizados a petición del Ayuntamiento de Puertollano (1981, 1983, 1999, SGOP, 1982, 1983), e IGME (1970, 1979a, 1979b, 1983). A estos antecedentes, se incluye en la presente comunicación los resultados del Estudio para la Caracterización Geológica y Geotécnica de la traza de la conducción de Abastecimiento a Puertollano llevado a cabo por la empresa Gabinete de Ingeniería para la Confederación Hidrográfica del Guadiana (Menéndez-Pidal y Sanz, 1997), que es de donde se recogen, de forma parcial, la mayor parte de los datos que se utilizan.

De este estudio se destacan las investigaciones hidrogeológicas correspondientes al proyecto de túnel hidráulico de la cercana Sierra de Santa Ana y su eventual impacto en la Fuente Agría, habiéndose levantado para ello un mapa geológico a escala 1/5.000, la realización de un inventario completo de puntos de agua, perforación de 6 piezómetros y prospección geofísica. Se ha completado con una investigación de carácter histórico sobre la mencionada fuente, de los antiguos balnearios relacionados con ella, y de los pozos que se han hecho en las inmediaciones.

Resultados

Ámbito geológico

La cuenca carbonífera de Puertollano tiene una morfología de valle amplio con suaves pendientes en los bordes, donde se levantan las sierras cuarcíticas. La cuenca carbonífera se emplaza en un sinclinorio de dirección E-O. El flanco norte lo forman las potentes series cuarcíticas ordovícicas que dan lugar a la sierra o cerro de Santa Ana. Los terrenos carboníferos y devónicos no llegan a aflorar en el valle del río Ojailén porque se encuentran recubiertos por depósitos miocénicos y pliocuaternarios. Sin embargo, son las formaciones con mayor

conocimiento geológico dada la información de sondeos existentes, pues los niveles de carbón y pizarras bituminosas se emplazan en ellos.

El paleozoico se encuentra cubierto por depósitos subhorizontales miocenos (margas y margocalizas) de 15 m de espesor y de los de la raña de unos 5 m de espesor, que está formada por gravas con matriz limo-arenosa. El casco urbano de Puertollano se asienta sobre estos depósitos recientes. El contacto discordante entre el Mioceno y el Paleozoico es irregular y varía entre los 12 y los 25 m de profundidad.

La base del Carbonífero se encuentra bajo el casco urbano de Puertollano así como el contacto entre el Silúrico-Devónico y el Silúrico-Ordovícico. A pesar de estar el Paleozoico cubierto por el Mioceno, ha sido posible reconstruir el flanco norte del sinclinal en el Carbonífero gracias a los sondeos existentes, y así se refleja en el corte de las figuras 2, 3 y 4. Cada figura 2 y 3 representan la estructura encontrada desde el Sur. Las figuras se solapan y la figura 4 recoge la leyenda de los cortes.

Se observa como la parte sur de este corte es el flanco norte de un sinclinal que gradualmente va disminuyendo su buzamiento hacia su centro. Dentro de este periodo se encuentran hasta trece niveles de carbón y horizontes de pizarras bituminosas

Se observa también como el Ordovícico se estructura en un gran anticlinal cilindroide, fallado en su charnela con una fractura importante de carácter regional, que tiene buzamiento de unos 55° hacia el sur. La estructura de la vertiente meridional del Cerro de Santa Ana está claramente definida, pero no la de su ladera septentrional, que se desconoce en detalle.

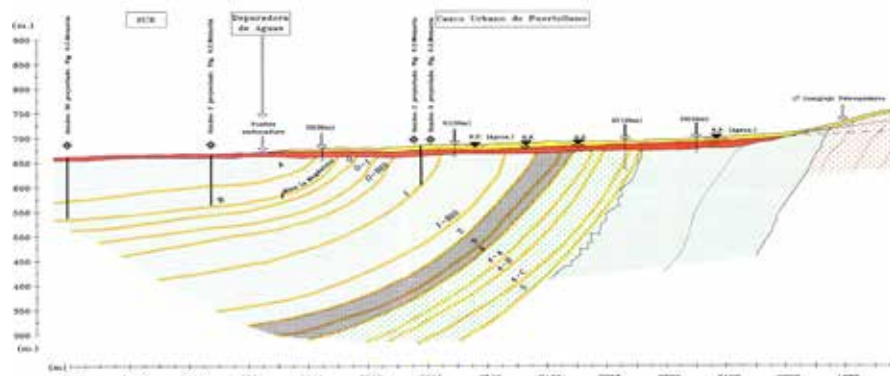


Figura 2. Corte geológico N-S de Puertollano y la Sierra de Santa Ana, corte 1 de 2.

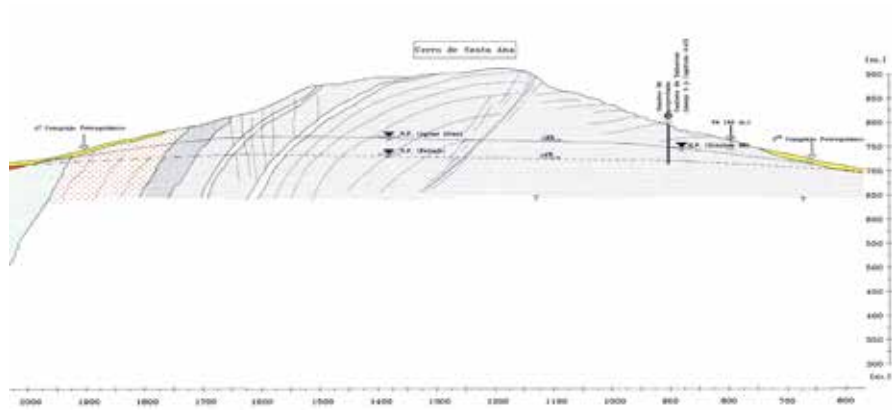


Figura 3. Corte geológico N-S de Puertollano y la Sierra de Santa Ana , corte 2 de 2.



Figura 4. Leyenda del corte geológico N-S.

Hidrogeología de Puertollano y de la Sierra de Santa Ana

Hidroestratigrafía

A continuación se reseñan las características litoestratigráficas e hidrogeológicas de los diferentes terrenos que aparecen en la zona de estudio:

El *Ordovícico* puede tener más de 600 m de espesor y en él predominan cuarcitas blancas y tenaces dispuestas en bancos potentes. Hay niveles intercalados de areniscas rojizas arcillosas y esquistos talcosos. En las cuarcitas hay presencia de niveles de hierro. Por encima se presentan con una potencia total de 200 a 300 m de espesor una secuencia de pizarras arcillosas rojas y violetas, con niveles de espilitas albitófiros o variolitas (pórfidos de albita) y areniscas, alternancias de areniscas, pizarras y cuarcitas, cuarcitas blancas y rojizas en superficie en bancos de 30-80 cm, y pizarras micáceas con niveles de areniscas.

Las cuarcitas del Ordovícico pueden considerarse medianamente permeables pues están bastante fracturadas y sus diaclasas suelen estar abiertas. Es característico en esta región que los principales manantiales que drenan el Paleozoico estén asociados a estas cuarcitas. Durante la última sequía se perforan numerosos sondeos en esta litología, obteniéndose siempre caudales modestos (normalmente menos de 1-2 l/s) aunque suficientes para muchas necesidades domésticas o de pequeñas industrias.

El *Silúrico y Devónico* es menos filtrante y permeable que el Ordovícico. Aparecen numerosas intercalaciones pizarrosas entre areniscas y cuarcitas que impiden la circulación del agua con facilidad.

El *Carbonífero* es muy importante y está formado por unos 400 m de pizarras, pizarras con areniscas y dos niveles de tobas volcánicas. Pueden aparecer intercalados once niveles de carbón y dos de pizarras bituminosas en la base, que son motivo de explotación minera.

El Carbonífero debe considerarse poco permeable en general, aunque hay niveles de areniscas que pueden ser filtrantes. Según los estudios mineros (IGME, 1979,1983), no parece existir una circulación apreciable de agua por encima de la tercera capa de carbón. La entrada de agua subterránea al Carbonífero se verifica a través de flujos subterráneos procedentes de los bordes montañosos a través de fracturas. Esta recarga

es muy variable estacionalmente acorde con las oscilaciones de las precipitaciones. También existe un caudal de 1,5 hm³/año de recarga por parte del río Ojailén.

La permeabilidad media del Carbonífero es de 1m/día y su coeficiente de almacenamiento varía entre el 2 y el 4%. Las capas de carbón hacen de niveles impermeables y esa es la razón por la que suelen encontrarse rezumes de agua en las galerías al cortar esas capas. En galerías de minas se han cuantificado entradas concretas de agua a través de fracturas de hasta 850 m³/día.

Discordante sobre Paleozoico aparecen sedimentos horizontales del *Mioceno* entre 2 y 15 m de espesor, que están formados por margas de tonos rosáceos con niveles finos de arcillas y arenas, y encima calizas margosas y margocalizas con arenas intercaladas. Se puede considerar poco permeable y base del acuífero pliocuaternario que se sitúa encima. Existen algunos niveles delgados de arenas más permeables y fracturas por las cuales puede entrar el agua del Carbonífero al acuífero colgado superior pliocuaternario. En toda la zona de Argamasilla de Calatrava el nivel calcáreo superior del Mioceno constituye un acuífero donde el flujo natural va de Este a Oeste. Los pozos existentes tienen normalmente un caudal inferior a 10 l/s.

Inmediatamente después se apoyan los sedimentos del *Pliocuaternario* (*Rañas*), que están constituidos por conglomerados sueltos de cantos rodados de cuarcitas y matriz marga-arcillosa. Aunque puede tener una potencia media de 5-6 m estos materiales pueden alcanzar más de 15 m de espesor. El *Cuaternario* está formado fundamentalmente por coluviones, depósitos de pie de monte y derrubios de ladera. Bajo estas asignaciones se denominan unos depósitos formados por gravas y bolos de cuarcita con matriz areno-limosa.

El *Pliocuaternario* es sin duda la formación más permeable y constituye un acuífero superficial y libre. En el sector de Puertollano se recarga por el agua de lluvia (aunque muy disminuido por la existencia del casco urbano) y por la entrada de agua de las cuarcitas paleozoicas del Cerro de Santa Ana y materiales silúricos, devónicos y carboníferos subyacentes que se encuentran confinados. La raña ha sido el acuífero tradicionalmente explotado para regadío y otros usos en esta comarca. Eran pozos de menos de 10 m de profundidad y con caudales entre 0,2-5 l/s. En la vertiente septentrional de la Sierra de Santa Ana, el Pliocuaternario también es bastante permeable y aunque apenas hay sondeos, se puede comprobar que el freático se suele encontrar a pocos metros de la superficie (3-5 m).

Los niveles piezométricos en las distintas formaciones hidroestratigráficas

En base a los sondeos realizados, en el corte geológico norte-sur transversal a la Sierra de Santa Ana de las figuras 2,3 y 4 se observa como el nivel freático en las cuarcitas ordovícicas sigue a grandes rasgos la topografía de la sierra, y el nivel se sitúa de media como hacia la cota 750 m. Los gradientes hidráulicos oscilan entre el 7 y 8 % para el lluvioso invierno de 1996-97.

En sondeos realizados en los materiales silúricos y devónicos salió agua surgente una vez atravesado el Mioceno. Esto indica la presencia de flujos ascendentes y el carácter impermeable del Mioceno que hace de capa confinante. Así pues, el nivel piezométrico del Paleozoico está por encima del nivel freático del Mioceno y del Pliocuatnario.

En el Carbonífero, las labores antiguas mineras en el centro de la cuenca se encuentran interconectadas a efectos hidráulicos con una cota de agua libre situada hacia los 590 m. En el Carbonífero no explotado, sin embargo, el agua llegaba a la cota 670 m en 1982 y ascendía con un ritmo 4,5 m/año pues las entradas eran mayores que las salidas. Según los sondeos realizados para este estudio, parece que existe en amplias zonas del Carbonífero un nivel piezométrico por encima de la superficie topográfica (artesianismo) y del nivel freático de las rañas, separado por el Mioceno impermeable. Así pues, hay que admitir 2 niveles piezométricos y un flujo ascendente del Carbonífero al Pliocuatnario. La variación de los niveles piezométricos dentro del Paleozoico pueden oscilar estacionalmente entre 4 y 10 m.

En la zona de Puertollano, el nivel freático en la Raña se sitúa a unos 4-5 m de profundidad de forma generalizada, deduciéndose que esta formación puede tener un espesor saturado de 1-2 m. En la vertiente norte de la Sierra de Santa Ana, tanto en el Pliocuatnario como en el Mioceno calcáreo el nivel freático puede estar entre 1 y 15 m de profundidad.

La Fuente Agría de Puertollano

La Fuente Agría, es un manantial minero-medicinal situado en el paseo más céntrico de Puertollano. El manantial surge a 20 ° C de temperatura y tiene un caudal muy constante de 0,5 l/s y no acusa los estiajes, lo que parece sugerir un origen relativamente lejano y profundo. Sus aguas son bicarbonatadas, magnésicas con hierro y unos 1800 mg/l de CO₂.

Geología e Hidrogeología del sitio

Según los sondeos realizados en las proximidades y alrededor del manantial (Ayuntamiento de Puertollano, 1981,1983.;SGOP, 1979,1983) se tiene la siguiente secuencia estratigráfica: en la parte superior hay depósitos pliocuaternarios formados por dos niveles; el de arriba tiene 1,7-6 m de potencia y está constituido por bolos y gravas de cuarcita con matriz arcillosa roja. El de abajo tiene 1,7-10 m y está formado por arcillas rojas, con cantos, gravas y bolos de cuarcita. Descansan sobre un Mioceno de 4 a 7,8 m formado por arcillas ocre y rojas compactas y plásticas. La base de esta unidad o la parte superior de las cuarcitas paleozoicas sobre las que se apoyan está muy alterada, definiéndose un tramo con muchas impregnaciones en hierro; es la característica brecha con abundante cemento ferruginoso que aparece en toda la zona del Campo de Calatrava que fosiliza la superficie de erosión del zócalo paleozoico. La estratigrafía según otros sondeos algo más alejados es muy parecida. El Pliocuaternario está formado por 5-6,4 m de bolos y gravas con matriz arenosa y arcillosa. El Mioceno por 11-22 m de arcillas y arenas marrones. En el contacto discordante con las cuarcitas aparece el mismo tramo alterado de arcillas rojas y cuarcitas impregnadas de óxidos de hierro.

En los alrededores de la Fuente Agria se pudo comprobar que las cuarcitas estaban confinadas por el Mioceno arcilloso, ya que al realizar dos sondeos secos (sin nivel de agua) en el Pliocuaternario y Mioceno, al llegar a los 12 m donde se encontraban las cuarcitas paleozoicas, se manifestó de repente el nivel piezométrico que subió desde esa profundidad hasta los 1-1,5 m. El freático del Pliocuaternario del entorno se sitúa entre 1 y 3,40 m de profundidad, es decir, algo más bajo que el piezométrico del acuífero confinado de las cuarcitas, por lo que pudiera existir un flujo ascendente del Paleozoico a la raña, si se lograra atravesar el Mioceno impermeable. Aunque no se puede asegurar, parece que el agua surge de alguna fractura en cuarcitas paleozoicas.

Desde el punto de vista hidrogeoquímico, y según los análisis químicos que se hicieron en las aguas de los sondeos de reconocimiento del SGOP y Ayuntamiento de Puertollano en 1981,1982 y 1983, la mayor parte de las aguas subterráneas del Pliocuaternario en torno a esta fuente no tienen relación con las agrias del acuífero de cuarcitas subyacente. No parece existir flujo de forma natural, ya que según los análisis químicos realizados en los sondeos y zanjas de 5 m de profundidad (SGOP, 1982), y tal como se observa en el diagrama de Piper Hill Langelier (Figura 5), las aguas de este manantial son bastante diferentes a las de los pozos, sin hierro y sin gas carbónico.

En la figura 6 se representan a modo de ejemplo el quimiograma de algunos aniones y del pH de esta fuente a lo largo de una año (1981/82) (Ayuntamiento de Puertollano, 1981, 1983) donde se observa las pequeñas variaciones que existen, típicas de manantiales de origen profundo como este.

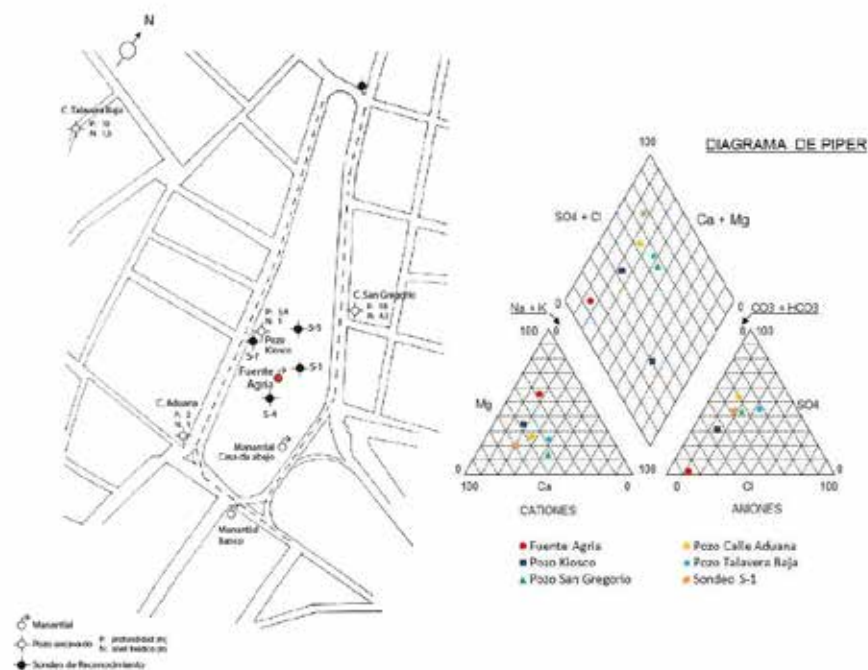


Figura 5. Esquema de situación de la Fuente Agria y los sondeos citados en el texto en el casco urbano de Puertollano alrededor de dicho manantial. Digrama de de Piper Hill Langelier del agua de los mismos.

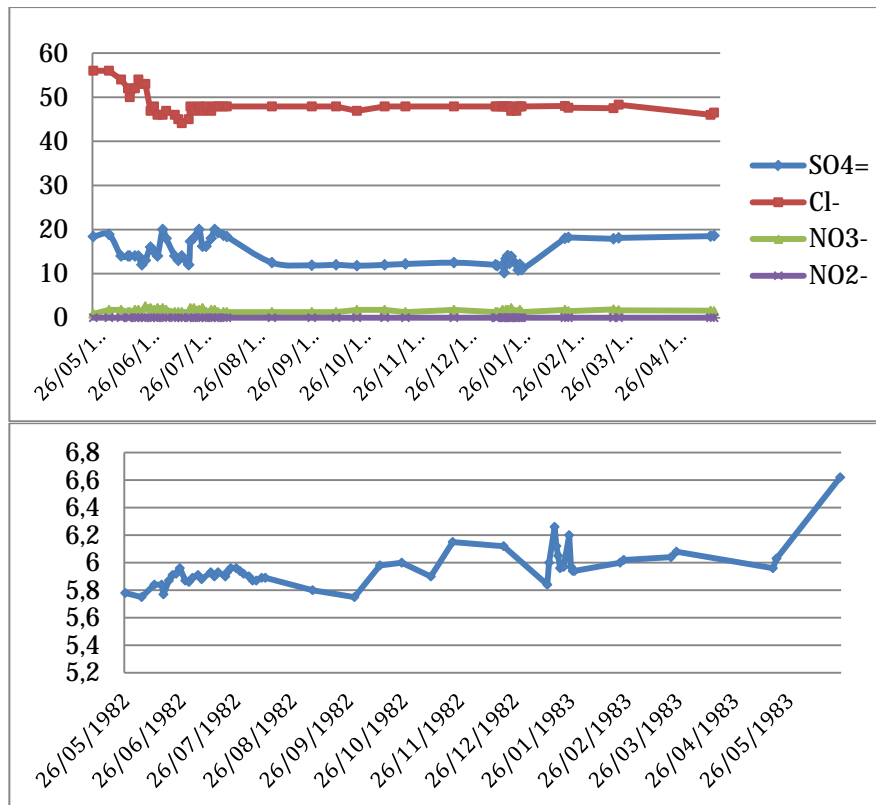


Figura 6. Evolución del pH en la Fuente Agria y de algunos aniones (mg/l) en la Fuente Agria de Puertollano durante el año 1982/83

Discusión

Modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico

Muchos de los manantiales agrios de la zona volcánica de Ciudad Real se localizan al pie o muy cerca de los relieves de cuarcitas ordovícicas, tal como ocurre con la Fuente Agria de Puertollano. Esta circunstancia podría explicarse con el modelo de funcionamiento hidrogeológico que se propone (Figura 7):

Los cerros y sierras cuarcíticas forman relieves por erosión diferencial de tipo *inselberg*. La relativa mayor permeabilidad de esta clase de litología dentro de las existentes en el Paleozoico, y una ligera mayor abundancia

de precipitaciones de origen orográfico, los hace constituir en áreas de recarga. Los acuíferos de cuarcitas se asoman a modo de ventanas en estos relieves, haciéndose aflorar por entre los materiales en general menos permeables del Terciario o del resto de la serie paleozoica.

En estas ventanas dan lugar a acuíferos libres, donde el nivel piezométrico se haya elevado respecto a las planicies que los rodean, tal como ocurre en la Sierra de Santa Ana. Pero se confinan lateralmente cuando encima se disponen las formaciones más recientes e impermeables del Silúrico, Devónico y Carbonífero, o del Terciario.

Condicionado por la topografía y la geología, el flujo subterráneo se mueve en los acuíferos de estas sierras de manera divergente hacia los bordes, manifestándose en forma de manantiales, que casi siempre se localizan asociados a alguna fractura notable. Así ocurre en Puertollano con la Fuente Agria, asociada a las cuarcitas ocultas, (en Puertollano no hay manantiales en las cuarcitas que afloran) aunque se desconoce en concreto la fractura por la cual surge el agua, ya que toda la zona se haya cubierta por sedimentos miocenos y pliocuaternarios. Otra posibilidad es la descarga de manera oculta mediante transferencia lateral hacia estas formaciones de rañas y depósitos coluviales de las laderas bajas y de la llanura. Cuando ocurre esto, parece indicar que estas formaciones geológicas no son lo suficientemente impermeables como para constituir contactos que justifiquen la localización en ellos de manantiales. Sin embargo, en periodos de aguas altas y recargas importantes, se ha comprobado que el nivel piezométrico sube en el acuífero de las cuarcitas de la Sierra de Santa Ana de tal manera, que surgen numerosos rezumes y manantiales efímeros en el contacto con pizarras a lo largo del borde meridional.

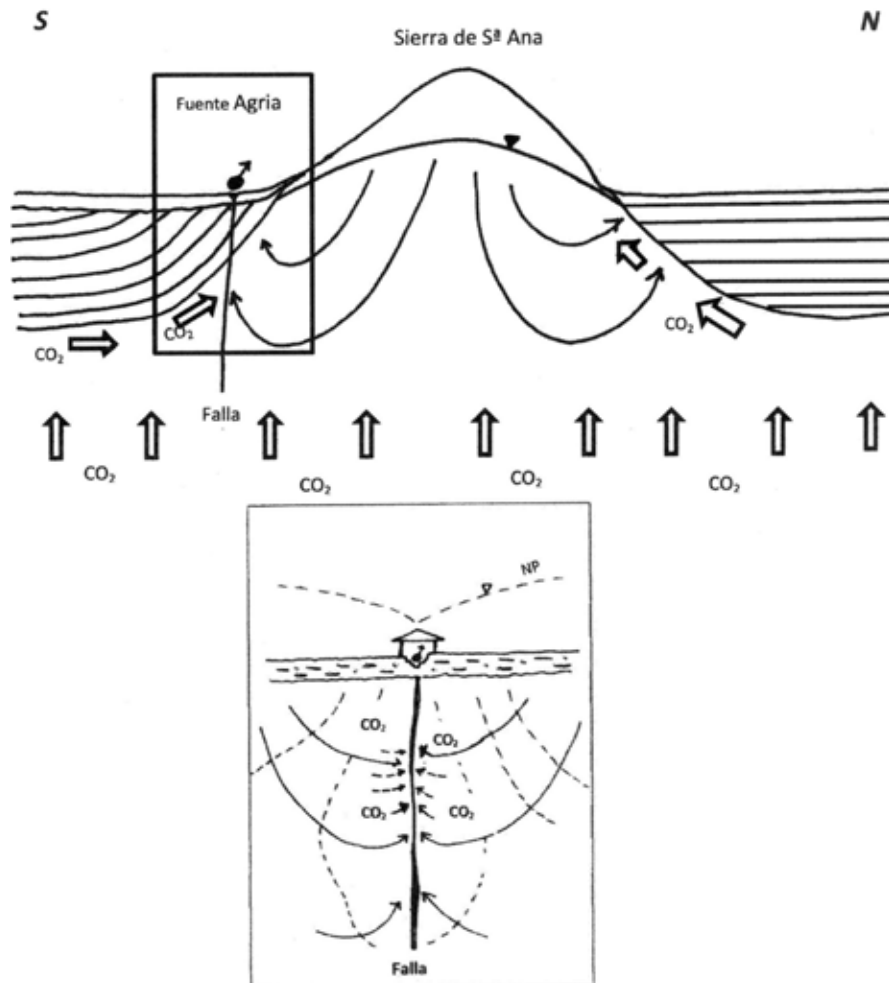


Figura 7. Esquema general del modelo conceptual hidrogeológico de la Fuente Agría y la incorporación de CO₂ en los bordes de los acuíferos de cuarcitas.

El CO₂ y el papel de las fracturas

Por otro lado, existe un flujo difuso de CO₂ de origen profundo de abajo a arriba como manifestación póstuma del vulcanismo terciario-cuaternario de la zona (Figura 7), y que en principio consideramos que tiene una tasa constante en el espacio y en el tiempo actual, aunque sea de baja intensidad. Este flujo profundo de CO₂ parece que afecta de manera general a toda la región, tal como se ha puesto de manifiesto en la

liberación y burbujeo de gas carbónico en muchos de los sondeos perforados en las últimas décadas, y no solo en las zonas donde se sitúan los *hervideros* (Rolandi et al. 2001). Al llegar este gas de origen volcánico a las capas superficiales de la corteza queda interceptado, absorbido y mezclado mediante difusión molecular con las aguas subterráneas, viajando según el flujo de las mismas. Puede también quedar atrapado a presión bajo formaciones impermeables, tal como se ha podido comprobar hace 14 años con el sondeo surgente de Granátula de Calatrava (Ciudad Real), que liberó en forma de geiser de 60 m de altura y durante seis meses, un volumen total de 1 hm^3 (unos 60 l/s) de agua mezclada con una cantidad muy importante de dióxido de carbono y material sólido (Blasco et al, 2001; Maestro et al.,2001; Rolandi et al., 2001). Si el escape se hubiera producido con un caudal constante de 0.5 l/s por ejemplo, típico caudal de muchos *hervideros*, se hubieran tardado 60 años en vaciar el depósito de la trampa, pero con una concentración en el agua de CO_2 cientos de veces superior al de estos manantiales. Sin embargo, si el suministro de agua se supusiera proveniente del exterior, el contenido en gas carbónico de esta trampa aseguraba para casi 500 años la pervivencia de uno de estos hervideros con valores típicos de CO_2 de 1000 a 2000 mg/l. Esto nos hace pensar que existan otras posibles trampas de agua con altos contenidos en CO_2 en la zona que, con su inercia y regulación natural hidrogeológica, pudieran estar contribuyendo con pequeñas pero sostenidas fugas, a la alimentación de gas carbónico en los acuíferos.

La primera formación medianamente permeable que encuentra este gas volcánico en amplias zonas de esta región son las cuarcitas ordovícicas, que por su situación estratigráfica se suelen localizar en la parte inferior. El techo impermeable con el Silúrico reconduce la movilidad del gas hacia los bordes en dirección a los sectores no confinados de estos acuíferos, buscando su liberación. Esto supone de hecho un aumento de la concentración del CO_2 en los bordes, aunque la tasa de flujo difuso profundo sea de baja intensidad y la misma por unidad de superficie. Y es en los bordes donde este gas se encuentra con las líneas de flujo de descarga de los sectores no confinados, tal como se muestra en la figura 7. Así pues, en los bordes se juntan dos procesos: un mayor caudal subterráneo de descarga y una mayor concentración de gas carbónico.

Las descargas se verifican sin embargo y en detalle por fracturas concretas que juegan un papel muy importante como drenes del agua subterránea y del CO_2 en los acuíferos de cuarcita. Efectivamente, las fracturas permeables actúan en el caso de Puertollano a modo de sondeos surgentes, aunque tengan una dimensión planar. Su gran penetración en el acuífero las hace ser superficies subverticales eficaces de captación de agua y de CO_2 a profundidades considerables,

deprimiendo el nivel piezométrico y disminuyendo a su alrededor la presión de agua, favoreciendo la formación de burbujas sin necesidad de bombeo. El que la fractura tenga una profundidad relativamente importante puede sospecharse por un lado con el carácter semitermal o templado del manantial (casi 20 ° C) y su alto contenido en gas carbónico. Como se sabe, el movimiento del CO₂ en los acuíferos está controlado por la relación de presiones de este gas con respecto a la presión de agua, de tal manera que si la presión hidrostática es mayor, el gas está en disolución, pero si es al contrario, el gas se desprende en forma de burbujas y tenderá a ascender hacia la superficie por la falla arrastrando consigo el agua (Figura 7). Se desconoce la presión de agua en la supuesta falla de la Fuente Agria, pero podemos suponer en base a el corte hidrogeológico de la figuras 2 y 3 que podría estar en dos o tres atmosferas en la parte superior de la fractura, aunque en profundidad podría ser significativamente mayor.

Este alto contenido en CO₂ en las aguas les confiere una gran capacidad para la disolución de los minerales silicatados que forman las rocas paleozoicas, y favorece la disolución del hierro que hay en los sistemas de diaclasas de las mismas. El simple lavado de las patinas ferruginosas de los planos de fracturas en las cuarcitas armoricanas en Almadén y Chillón (Ciudad Real), por ejemplo, da lugar a la aparición de manantiales ferruginosos, sin necesidad de tener presente el gas carbónico.

La conservación del manantial

La conservación de este manantial y las posibles afecciones que las actividades y obras de su entorno pudieran influir en el caudal y calidad del agua, es una cuestión que siempre ha preocupado en Puertollano. Y es que este manantial, a pesar de situarse en medio del casco urbano, con las excavaciones hechas para la construcción de los edificios de alrededor, red de saneamiento, pozos domésticos, balnearios, etc. ha sobrevivido a todas las vicisitudes de la historia hasta ahora, aunque esta fuente ya no tiene el caudal ni el regusto herrumbroso y de anhídrido carbónico de hace medio siglo, según se recoge en Gómez Vozmediano (2001).

Remontándose varios siglos hacia atrás, y según diversas fuentes históricas consultadas (Mestre y Marzal, 1865; Madoz, 1847; Gascón, s.f.; Limón Montero, Reed. 1979; Mondéjar, 1992 y Gómez Vozmediano, 2001), la Fuente Agria ya se cita en el siglo XIV como Fuente Aceda, la cual estaba captada mediante una obra de fábrica que seguramente era de origen romano. Parece que en la Edad Media no había costumbre en

Puertollano de beber de esta fuente, que era considerada impotable, y no es hasta la primera mitad del siglo XVII cuando empiezan a utilizarla para bebida. En el primitivo casco urbano de Puertollano durante el siglo XVI, el nivel freático en el acuífero pliocuaternario estaba muy próximo a la superficie, y en las cercanías corrían arroyos como el de Melendo o corrientes de agua más importantes como el Ojailén, cuyo caudal base se alimentaba de dicho manto freático. Había también manantiales de agua dulce de litros por minuto de caudal, o de pocos litros por segundo. Eran la Fuente de la Santa, al pie del Cerro de Santa Ana, Fuente de los Cinco Caños, Fuente del Pilar, Fuente del Prior y alguna otra. Había también un pequeño manantial de agua dulce a 20 pasos de la Fuente Agria. Sin embargo, el suministro mediante estas fuentes siempre fue deficitario, por lo que los habitantes de esta población tenían pozos de agua dulce para sus necesidades cotidianas, sin que dejase de ser el agua un problema en el abastecimiento, siempre en precario, hasta que en los años sesenta del siglo pasado se resolvió de manera casi definitiva el abastecimiento.

Las afecciones por arriba

Noticias sobre afecciones ya las tenemos en 1554, donde debido a la excavación de un pozo con noria en una huerta cercana por parte de un particular, la Fuente Agria sufrió una disminución considerable en su caudal, y un detrimento en su calidad, gusto y propiedades medicinales. Se desconoce cómo se resolvió este problema.

En 1575 hay noticias que algunos pozos que estaban cerca de la Fuente Agria eran también de carácter ferruginoso y carbónico; desconocemos también las afecciones que estos pozos harían a la Fuente Agria. Y en una sequía de 1577 parece que se habilitó la fuente como abrevadero. Se comenta que la fuente salía de un hondo de unos 3 o 4 m de profundo, tal como es ahora.

Hacia 1830 se abrió un pozo junto a la Fuente Agria de 8,32 m para regar una huerta y en el que surgió agua agria. Esta captación se utilizaría más tarde para construir ahí la Casa de Baños municipal que, antes de que estuviera terminada en 1850 se notó una notable disminución en el caudal de la Fuente Agria. De igual manera, y a 100 m de distancia, se aprovechó una charca excavada de agua medicinal que sirvió para construir posteriormente el balneario de la Diputación Provincial. Es de suponer que este pozo afectase también a la Fuente Agria. Los pozos-noria que se excavaron después en estos balnearios para aumentar la disponibilidad de agua, tenían aguas agrias, y otros eran de aguas mixtas, o de mezcla con las dulces del pliocuaternario.

En 1855 se cita que la fuente surgía de una excavación en embudo invertido de 5,20 m de profundidad, a modo de balsa. En 1880 se tiene la noticia del Ayuntamiento que las fuentes públicas de la Aceda (Fuente Agria) y otra dulce, habían disminuido su caudal; la Fuente Agria tenía por entonces un caudal de 10 l/min. En 1883 los responsables de los balnearios aprecian un menor caudal en los caños de la Fuente Agria que es achacado a los trabajos subterráneos realizados en una fábrica de fundición de plomo.

En 1982 el Servicio Geológico de Obras Públicas realizó un informe sobre la posible afección que produciría en el manantial la excavación de la red de saneamiento de Puertollano, de 5m de profundidad. Se tomaron numerosas muestras de agua para su análisis químico repartidas irregularmente a lo largo de todo el periodo de trabajo, según la proximidad o alejamiento del frente de excavación respecto a la Fuente, así como por eventuales paradas de obra. De las muestras tomadas en cuatro de ellas, se realizaron análisis completos al comienzo de la obra y al final, con la finalidad de comprobar las variaciones en la composición del agua de la Fuente.

Las afecciones de la construcción de la red de saneamiento sobre la Fuente Agria no se produjeron tal como se pudo comprobar posteriormente cuando se hicieron las obras. Se realizó un seguimiento con fluoresceína, aforos del caudal y composición química del agua durante un año en las zanjas y el manantial. Se pudo comprobar que no había contaminación proveniente del Pliocuatrnario

Es de común aceptación para los habitantes de Puertollano que desde 1950, y acorde con el desarrollo urbano de esta ciudad, se ha observado una evidente disminución de su caudal y calidad de la fuente Agria que no ha dejado de deteriorarse en su contenido en gas carbónico. Aunque siga siendo agua muy pura, como lo demuestra el hecho que en el punto de la captación no haya detección de microorganismos (Yélamos et al.,1999).

En realidad, todas las excavaciones y pozos que se han excavado del lugar no han hecho si no adelgazar esta cobertera impermeable y aproximarse al acuífero confinado de las cuarcitas. Y han sido al parecer varios los casos en que ha aparecido agua agria en las excavaciones de las cimentaciones de los edificios del entorno, prueba inequívoca de la vulnerabilidad y sensibilidad de este manantial a las alteraciones del flujo natural provocado por la despresurización general debido al desarrollo urbano. Las afecciones serán tanto más importantes a medida que las excavaciones sean más profundas.

Así, el manantial se secó durante la excavación de los bloques de viviendas de la calle Numancia, por lo que se realizó un estudio hidrogeológico de detalle (Ayuntamiento de Puertollano, 1999) que sirvió para el establecimiento de un ámbito de protección de la Fuente Agria de 30 hectáreas desde el venero hasta la falda del Cerro de Santa Ana dentro del cual se rigen por unas normas urbanísticas específicas que prohíben hacer excavaciones para cimentaciones por debajo de los 1,5 m de profundidad, y de 2 m para otros elementos de urbanización. Alrededor de este perímetro hay otro de 58 hectáreas donde es necesario realizar un estudio geológico específico que asegure su viabilidad. El manantial se volvió a recuperar.

Estas medidas son muy positivas, a pesar de que es muy difícil controlar estas afecciones para un manantial tan pequeño y frágil, a lo que hay que añadir seguramente la disminución del área de recarga por pavimentación de la urbe hacia el cerro de Santa Ana y quizá otras modificaciones que no sabemos cómo repercutirán en el futuro de esta fuente.

Las afecciones por abajo

Pero aquí quiere llamarse la atención a otros posible impactos, como es la excavación de galerías minera y túneles. Efectivamente, una de los impactos ambientales de los túneles es la afección a manantiales, con la disminución de su caudal. En el informe de Menéndez Pidal y Sanz (1997) ya se advirtió sobre este tema en el caso de realizar un túnel hidráulico de abastecimiento a Puertollano por la Sierra de Santa Ana, ya que este túnel atravesaría el acuífero de cuarcitas por debajo de la cota de la Fuente Agria, y en gran parte por debajo del freático que lo deprimiría. Se recomendaban estudios específicos previos y controles durante su ejecución. Hay que pensar que aunque el túnel pase a una distancia considerable del punto de emergencia, su profundidad pudiera cortar la fractura concreta por la que circula el agua minero-medicinal.

Durante los años 60 y 70 del siglo pasado, el Carbonífero y el Silúrico estaba sin confinar debido al drenaje que había hacia las minas de carbón y sin embargo la fuente no se secó. El nivel piezométrico en estos terrenos del Paleozoico cuando se estaba explotando en galerías las capas de carbón por debajo del casco urbano de Puertollano deprimió de manera generalizada los niveles, situándolos por debajo del freático del pliocuaternario, todo lo contrario a lo que ocurre hoy, que se han recuperado. Esto parece indicar que ni el Carbonífero ni el Silúrico son los acuíferos de este manantial.

Conclusiones

La Fuente Agria de Puertollano procede de las descargas ocultas y a presión bajo el Mioceno y Pliocuatnario del acuífero de borde de las cuarcitas de la Sierra de Santa Ana, incorporándose el gas carbónico en profundidad a través de fracturas situadas en la periferia de estos acuíferos, que es donde se concentra el CO₂.

Se destaca positivamente el establecimiento de un perímetro de protección para su conservación que lo protege de las excavaciones para cimentaciones, pero se llama la atención de otros posibles impactos desde abajo, como sería la excavación de túneles.

Bibliografía

Ayuntamiento de Puertollano (Ciudad Real) (1981). Estudio hidrogeológico de la Fuente Agria, Puertollano (Ciudad Real). Fases I y II.

Ayuntamiento de Puertollano (Ciudad Real) (1983). Control de contaminación de la Fuente Agria, Puertollano (Ciudad Real).

Ayuntamiento de Puertollano (Ciudad Real) (2009).Ámbito de Protección de la Fuente Agria. Revista Puertollano nº 89, pag.18.

Blasco, O., Rolandi, M., Casas, S., y Barrera, JL. (2001). El sondeo surgente de Granátula de Calatrava (Ciudad Real).). VII Simposio de Hidrogeología. pp 519-529.

Gascón, F. (s.f.). La Fuente Agria y la Casa de Baños de Puertollano durante la segunda mitad del siglo XIX. Ayuntamiento de Puertollano

Gómez Vozmediano, M.F. (2001) Una Fuente Agria centenaria: El agua agria de Puertollano. 13 págs. Ediciones Puertollano.

IGME (1970). Investigación eléctrica en Puertollano (Ciudad Real). (Documento 10.253).

IGME (1979a). Investigación geológico-minera de las pizarras bituminosas de Puertollano (Ciudad Real). Tomo de Geología y Calidades. Tomo de Estudio Minero (Documento 10.658).

IGME (1979b). Informe sobre el proyecto de pizarras bituminosas de Puertollano (Ciudad Real). Tomo I, II, III, IV, Memoria, Apéndice I, II, II-bis.

IGME (1983). Estudio geomecánico de las pizarras bituminosas de Puertollano (Ciudad Real). Tomos I y II (Documento 00789).

Limón Montero, A. (1979) Espejo Cristalino de las Aguas de España. Edc. facsímil reeditada por el Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.

Madoz, P (1847) Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España. Tomo 13.

Maestro, MT., Rolandi, M., Peña, E., y Barrera, JL. (2001). Caracterización hidroquímica del “geiser” de Granátula de Calatrava (Ciudad Real). VII Simposio de Hidrogeología. pp 691-702.

Menéndez Pidal, I. y Sanz, E. (1997) Caracterización geológica y geotécnica de la traza de la conducción de abastecimiento a Puertollano: Puerto Lápice – Puertollano. Ciudad Real. Gabinete de Ingeniería. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Inédito. 38 pp. y Anejos.

Mestre y Marzal, C. (1865) Monografía de las Aguas Acidulo-Alcalino-Ferruginosas de Puertollano. Ciudad Real.

Mondéjar, M. (1992) Breve historia de Puertollano (2ª edición). 153 págs.

MOPU (1982). Guía de establecimientos balnearios de España. 357 pp.

SGOP (MOPU) (1982). Estudio hidrogeológico entorno de la Fuente Agria. Puertollano (Ciudad Real). Informe nº 13 (1 3.700/401.05/1924/0182).

SGOP (MOPU) (1983). Informe preliminar sobre el reconocimiento hidrogeológico efectuado en Argamasilla de Calatrava (Ciudad Real). (Informe 1366).

Rolandi, M., Pineda, A., Blasco, O., Maestro, MT y Peña, E.(2001). Funcionamiento hidrogeológico de la Cuenca del río Jabalón entre Granatula y Moral de Calatrava (Ciudad Real). VII Simposio de Hidrogeología. pp 427-436.

Yélamos, J.G., Redondo, R., De Castro, F., Galván, A., Martínez-Rubio, J., Rebollo, L., Ruano, P., Senderos, A., y Villarroja, F.I. (1999).

Hidroggeoquímica y microbiología en Los Hervideros del Campo de Calatrava (Ciudad Real). *Geogaceta*, 26, 115-118.